

# Effets de l'exposition au chaud et de la réduction du taux de protéines de l'aliment sur les performances du porc en croissance

L. LE BELLEGO, J. NOBLET, J. VAN MILGEN

*Institut National de la Recherche Agronomique  
Unité Mixte de Recherche sur le Veau et le Porc - 35590 Saint-Gilles*

*Avec la collaboration technique de H. Renoult, J. Gautier et M. Massard pour le suivi des animaux, R. Vilboux pour la fabrication des régimes expérimentaux, M. Alix et J. Ligier pour les mesures à l'abattoir, S. Hillion et P. Bodinier pour les analyses de laboratoire*

## **Effets de l'exposition au chaud et de la réduction du taux de protéines de l'aliment sur les performances du porc en croissance**

Les effets de la diminution du taux de matières azotées totales (MAT) dans l'aliment et de la température d'élevage (22° vs 29°C) sur les performances de croissance et d'abattage sont étudiés sur 66 mâles castrés de race Piétrain x (Landrace x Large White) mis en expérience de 27 à 100 kg. A chaque température, les animaux sont nourris avec 3 aliments (R1, R2 et R3), qui apportent 0,85 et 0,70 g de lysine digestible par MJ d'EN, respectivement en croissance (27-65 kg) et en finition (65-100 kg). L'aliment R1 est l'aliment témoin; R2 et R3 sont des formules à basse teneur en MAT supplémentées en acides aminés industriels. L'aliment R3 est de surcroît enrichi en matières grasses. Les animaux sont maintenus en loges individuelles et ont libre accès à l'aliment et à l'eau. L'augmentation de la température provoque une diminution de 15% de l'ingéré, de 13% du gain de poids vif journalier et conduit à des carcasses moins grasses (22,8 vs 24,8% de gras). A la thermoneutralité, la diminution du taux de MAT est sans effet sur les quantités d'EN ingérées, la croissance et la composition de la carcasse. En revanche, à 29°C, on note une augmentation des quantités d'EN ingérées avec les régimes à faible teneur en MAT enrichis ou non en matières grasses mais ceci n'affecte pas la croissance et profite essentiellement au dépôt de gras. Ces résultats suggèrent que les températures élevées pénalisent directement le dépôt de tissus maigres.

## **Utilization of low protein diets at high ambient temperatures in growing pigs**

The effects of reducing the dietary protein content (CP) in combination with ambient temperatures (22° vs 29°C) on performance and carcass composition were studied in 66 Piétrain x (Landrace x Large White) barrows from 27 to 100 kg. Animals were fed at each temperature one of three experimental diets (R1, R2 and R3) that provided 0,85 or 0,70 g of digestible lysine per MJ of NE, in the growing (27-65 kg) and finishing (65-100 kg) phase, respectively. Diet R1 was the control diet and diets R2 and R3 were low protein diets supplemented with industrial amino acids. Fat was also added in R3. Pigs were penned individually and had free access to feed and water. Increasing ambient temperature resulted in a reduction of 15% of feed intake, 13% of daily weight gain and leaner carcasses (22,8 vs 24,8% of fat). At thermoneutrality, reduced CP levels did not affect NE intakes, growth and carcass composition. On the other hand, at 29°C NE intakes were higher with low protein diets but daily gain was not affected and fatter carcasses were obtained. These results suggest that high ambient temperatures directly affect lean tissue gain.

## INTRODUCTION

La diminution du taux de protéines dans l'aliment associée à une supplémentation en acides aminés industriels, permet de réduire les quantités d'azotes excrétées par le porc en croissance, sans affecter ses performances (BOURDON et al, 1995). L'abaissement de la teneur en protéines de l'aliment au profit de l'amidon se traduit également par une amélioration de l'utilisation de l'énergie et en particulier par une diminution de la production de chaleur des animaux (LE BELLEGO et al, 2000). Cet effet est renforcé lorsque les régimes à basse teneur en protéines sont enrichis en matières grasses (NOBLET et al, non publié). Ces résultats sont en accord avec ceux du système énergie nette publié par NOBLET et al (1994); ils permettent aussi d'expliquer l'augmentation de l'adiposité des carcasses qui est généralement observée avec les régimes à basse teneur en protéines formulés sur une base ED ou EM (NOBLET et al, 1987; KERR et al, 1995). Ainsi, l'utilisation du système EN permet de prendre en compte l'épargne d'énergie associée à la diminution du taux de protéines dans l'aliment afin de limiter ses conséquences sur le dépôt de lipides et, à terme, l'engraissement excessif des carcasses.

En raison de la diminution de production de chaleur qui leur est associée, les régimes à basse teneur en protéines peuvent être considérés comme des formules à faible extra-chaleur, particulièrement lorsqu'ils sont enrichis en matières grasses. L'utilisation de telles formules dans des conditions de stress thermique pourrait alors permettre de réduire l'inconfort des animaux et ainsi limiter les conséquences des températures élevées sur l'ingestion d'aliment et les performances (QUINIOU et al, 1998). L'objectif de l'essai mis en place a donc été de mesurer les effets de la diminution du taux de protéines ou de l'extra-chaleur de l'aliment, renforcée ou non

par un enrichissement en matières grasses, sur l'ingestion d'aliment, les performances de croissance et la composition de la carcasse à l'abattage chez des porcs en croissance élevés à la thermoneutralité (22°C) et au chaud (29°C).

## 1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1.1. Animaux et dispositif expérimental

Soixante six mâles castrés de race Piétrain x (Landrace x Large White) sont mis en expérience de 27 à 100 kg de poids vif, selon un dispositif factoriel comprenant deux températures (22°C pour la température de thermoneutralité et 29°C pour la température élevée) et trois aliments. L'expérience comporte 2 répétitions à chaque température. Des blocs de 3 frères sont constitués vers 20 kg sur la base du poids vif et les 3 frères sont affectés chacun à un aliment différent d'une même température. A environ 25 kg de poids vif, les animaux sont placés dans 2 cellules équipées de loges individuelles sur caillebotis, l'une maintenue à 22°C et l'autre à 29°C. La température des 2 cellules est suivie quotidiennement grâce à un système d'enregistreurs de température en continu (1 mesure toutes les 3 minutes). La première semaine est considérée comme une période d'adaptation au bâtiment, à l'aliment et à la température. Pendant toute la période expérimentale, les animaux ont libre accès à l'aliment et à l'eau et la photopériode est maintenue à 12 h de lumière et 12 h d'obscurité.

### 1.2. Régimes expérimentaux

Les 3 aliments expérimentaux comprennent chacun 2 formules: une formule croissance distribuée aux animaux de 27 à 65 kg et une formule finition distribuée de 65 à 100 kg (tableau 1). Le régime témoin (ou R1) contient 20,3% et

**Tableau 1** - Composition centésimale des régimes expérimentaux (1)

Régimes	R1		R2		R3	
	Croissance	Finition	Croissance	Finition	Croissance	Finition
<b>Composition, %</b>						
Blé	32,74	35,55	38,46	41,43	34,87	37,92
Maïs	34,96	37,93	40,80	43,21	36,77	39,54
Tourteau de soja	26,55	20,78	13,55	8,15	17,27	11,46
Son de blé	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Huile de maïs					2,00	2,00
Graisses animales					2,00	2,00
L-lysine HCl			0,43	0,41	0,41	0,39
D-L méthionine			0,10	0,07	0,12	0,08
L-thréonine			0,17	0,15	0,17	0,15
L-tryptophane			0,04	0,04	0,04	0,04
L-isoleucine			0,03	0,04	0,02	0,03
L-valine			0,08	0,07	0,09	0,07
Phosphate bicalcique	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Carbonate de calcium	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Carbonate de sodium (2)			0,60	0,70	0,50	0,60
Sel	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
CMV	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

(1) Moyenne des deux répétitions

(2) Maintien de l'équilibre électrolytique de la ration, selon Dourmad et Lebret (2000)

17,6% de MAT respectivement en croissance et en finition. L'extra-chaaleur de ce régime est abaissée en diminuant le taux de protéines (R2 et R3) et en ajoutant des matières grasses (R3). Les 3 aliments apportent 0,85 et 0,70 g de lysine digestible par MJ d'énergie nette respectivement en croissance et en finition et ont des rapports acides aminés essentiels sur lysine équivalents et supérieurs aux besoins du porc en croissance-finition (HENRY, 1993). Les taux de protéines des aliments R2 et R3 sont respectivement 15,8 et 16,3% en croissance et 13,4 et 13,8% en finition (tableau 2). Les aliments R2 et R3 sont supplémentés en L-lysine, D/L-méthionine, L-thréonine, L-tryptophane, L-isoleucine et L-valine. De plus, le bilan électrolytique des aliments R2 et R3 est maintenu par ajout de bicarbonate de sodium.

### 1.3. Mesures sur les animaux

Les animaux sont pesés à jeun au début de l'expérience, à environ 65 kg lors de la transition entre la phase de croissance et la phase de finition, et en fin d'expérience avant l'abattage. Au cours de l'expérience, les animaux sont pesés chaque semaine mais non à jeun. Chaque matin, avant la distribution d'aliment frais, les refus sont collectés, cumulés sur une semaine et pesés et échantillonnés pour la mesure

de leur teneur en matière sèche. Des échantillons hebdomadaires d'aliment sont constitués, puis poolés par régime pour chaque phase (croissance et finition) en fin d'expérience pour les analyses de laboratoire.

Les animaux sont abattus à jeun à un poids vif d'environ 100 kg. Au moment de l'abattage, le sang est récupéré et pesé. Les reins, le foie, l'ensemble cœur et poumons, la rate, le tube digestif vidé, la carcasse chaude (incluant la tête, les pieds, les reins, les hampes et les pannes) sont également pesés le jour de l'abattage. Les mesures linéaires sont réalisées au Fat'omeater sur la carcasse chaude. Le lendemain de l'abattage, la carcasse ressuyée (avec tête, pieds, reins, hampes et pannes) est pesée. Après découpe selon la méthode hollandaise normalisée, les poids de la tête, de la queue, des hampes, des pannes et des 2 pieds de la demi-carcasse gauche sont notés. Enfin, la demi-carcasse gauche ainsi que ses morceaux commerciaux (jambon, longe, bardière, poitrine, épaule) sont également pesés.

### 1.4. Analyses de laboratoire

Les échantillons d'aliment (1 par régime et par formule) sont analysés pour leurs teneurs en énergie brute, azote, amidon,

**Tableau 2** - Composition chimique et valeur nutritionnelle des régimes expérimentaux (1)

Régimes	R1		R2		R3	
	Croissance	Finition	Croissance	Finition	Croissance	Finition
<b>Composition chimique (1), %</b>						
Matières minérales	5,4	5,1	5,1	4,8	5,0	4,9
Matières azotées totales	20,3	17,6	15,8	13,4	16,3	13,8
Amidon	44,11	48,29	50,02	52,64	48,35	50,36
Matières grasses	2,44	2,59	2,64	2,63	6,42	6,53
Cellulose brute	3,56	3,41	3,22	3,22	3,41	3,59
NDF	9,29	9,20	8,99	11,28	9,17	9,05
ADF	2,98	2,80	2,60	2,67	2,71	2,60
ADL	0,71	0,73	1,11	1,21	1,25	0,97
<b>Acides aminés totaux (1), %</b>						
Lysine	1,03	0,85	0,98	0,80	1,04	0,84
Thréonine	0,74	0,64	0,67	0,56	0,72	0,58
Méthionine	0,29	0,26	0,32	0,26	0,35	0,27
Méthionine + Cystine	0,63	0,58	0,60	0,51	0,64	0,52
Tryptophane	0,23	0,20	0,20	0,16	0,21	0,17
Isoleucine	0,85	0,72	0,61	0,50	0,65	0,53
Leucine	1,63	1,44	1,23	1,06	1,30	1,10
Valine	0,97	0,82	0,76	0,64	0,81	0,67
Histidine	0,52	0,45	0,39	0,33	0,40	0,34
Phénylalanine	0,98	0,85	0,70	0,58	0,76	0,62
<b>Valeurs nutritionnelles (2)</b>						
ED, MJ/kg	14,46	14,42	14,26	14,20	14,97	14,91
EM, MJ/kg	13,75	13,78	13,76	13,77	14,45	14,47
EN, MJ/kg	10,13	10,30	10,41	10,56	11,02	11,18
Lysine dig., g/MJ EN	0,85	0,70	0,85	0,70	0,85	0,70
BE (3), mEq/kg	209	184	199	176	203	175

(1) Valeurs mesurées (moyenne des deux répétitions) et exprimées pour une teneur en matière sèche moyenne de 88%

(2) Teneurs en énergie digestible (ED), métabolisable (EM) et nette (EN) calculées selon Le Bellego et al (2000) ; teneurs en lysine digestible standardisée selon les tables Eurolysine - ITCF (1995) ; données exprimées pour une teneur en matière sèche moyenne de 88%

(3) Bilan électrolytique estimé

matières grasses, cellulose brute, NDF, ADF et ADL (tableau 2, p 191) selon les techniques décrites par NOBLET et al, (1989). Les teneurs en acides aminés totaux sont mesurées par le laboratoire d'Ajinomoto Eurolysine à Amiens.

### 1.5. Calculs et analyses des données

Pour chaque animal, les quantités d'aliment consommées, la vitesse de croissance et les indices de consommation pour la période croissance, la période finition et pour l'ensemble de la période expérimentale sont calculés. Les teneurs en viande maigre sont estimées, d'une part, à partir des mesures linéaires (DAUMAS et al, 1998) et, d'autre part, à partir des résultats de la découpe hollandaise normalisée (MÉTAYER et DAUMAS, 1998). Les quantités de gras dans la carcasse sont également estimées à partir des résultats de la découpe hollandaise normalisée selon une équation proposée par DAUMAS et POLLET (2000).

### 1.6. Analyses statistiques

L'analyse statistique des données est réalisée par analyse de variance et de covariance avec comparaison des moyennes grâce à la procédure GLM du logiciel SAS (1989). Le modèle utilisé prend en compte les effets du régime, de la température, du bloc intra-température et de l'interaction entre la température et le régime.

## 2. RÉSULTATS

Les résultats du tableau 3 montrent que la mise en lot a été conforme aux objectifs du protocole expérimental. Les animaux étaient en moyenne âgés de 65 jours et pesaient 27 kg en début d'expérience. Deux animaux (un pour chacun des régimes 2 et 3 à 29°C) ont été éliminés en cours d'expérience pour des problèmes d'aplombs. Pendant la phase de croissance (27-64 kg), l'augmentation de la température de 22 à 29°C entraîne une diminution de 12% en moyenne des quantités d'aliment et d'EN ingérées ( $P<0,01$ ). Cette diminution des niveaux d'ingestion à 29°C provoque une baisse de la vitesse de croissance des animaux ( $P<0,01$ ) d'environ 10%. En conséquence, les animaux à 29°C mettent en moyenne 40 jours pour atteindre le poids de transition (64 kg) contre 36 jours pour les animaux élevés à 22°C. En revanche, la réduction du taux de protéines est sans effet sur les consommations d'aliment, d'EN et sur les vitesses de croissance des animaux entre 27 et 64 kg, tant à 22 qu'à 29°C. On peut cependant noter une consommation moindre des aliments R2 et R3 à 22°C (non significatif) et des consommations très comparables pour les 3 aliments à 29°C.

Pendant la période de finition (64-100 kg), l'effet négatif de l'augmentation de la température de 22 à 29°C sur l'ingestion d'aliment et la vitesse de croissance ( $P<0,01$ ) est confir-

**Tableau 3** - Effet du chaud et de la nature du régime sur les performances du porc en croissance.

Température, °C	22			29			ETR(1)	Stat. (2)
	R1	R2	R3	R1	R2	R3		
<b>Régimes</b>								
<b>Nombre d'animaux</b>	11	11	11	11	10	10	-	-
<b>PV initial (3), kg</b>	26,9	27,3	27,3	27,3	27,5	27,0	1,6	
<b>PV transition (3), kg</b>	64,9	64,0	64,8	64,7	63,1	64,6	2,3	
<b>PV final (3), kg</b>	99,8	99,5	99,9	100,7	99,3	98,8	2,0	
<b>Croissance (27-64 kg)</b>								
Ingéré (4), g/j	2245a	2145a	2130a	1928b	1924b	1887b	135	T**
EN ingérée, MJ/j	22,75a	22,34a	23,48a	19,54b	20,04b	20,75b	1,43	T**
Gain de poids, g/j	1031a	1029a	1052a	933b	906b	952b	65	T**
<b>Finition (64-100 kg)</b>								
Ingéré (4), g/j	3398a	3039b	3018b	2642c	2597c	2581c	215	R**,RT**
RT*								
EN ingérée, MJ/j	35,00a	32,05a	33,70a	27,21b	27,44b	28,84b	2,30	T**
Gain de poids, g/j	1189a	1088a	1112a	935b	942b	972b	110	T**
<b>Total (27-100 kg)</b>								
Ingéré (4), g/j	2752a	2575b	2544b	2265c	2243c	2202c	126	R**,T**
EN ingérée, MJ/j	28,14a	27,02a	28,26a	23,16c	23,55bc	24,45b	1,34	R**,T**
Gain de poids, g/j	1098a	1057a	1078a	930b	917b	955b	69	T**
IC (4), kg/kg	2,52a	2,44ab	2,36bc	2,46ab	2,45ab	2,30c	0,13	R**
IC (4), MJ EN/kg	25,73	25,65	26,24	24,97	25,73	25,67	1,36	

(1) ETR : écart type résiduel

(2) Significations statistiques: analyse de variance selon le modèle prenant en compte l'effet du régime (R), de la température (T), du bloc (B) intra-température et de l'interaction entre le régime et la température (RT)

Niveaux de signification: \* :  $P<0,05$  ; \*\* :  $P<0,01$

Des indices différents sont attribués aux moyennes lorsqu'elles sont significativement différentes ( $P<0,05$ )

(3) Poids vif à jeun

(4) Valeurs exprimées pour une teneur en matière sèche moyenne de 87,3%

**Tableau 4** - Effet du chaud et de la nature du régime sur la composition corporelle du porc à l'abattage

Température, °C	22			29			ETR (1)	Stat. (2)
	R1	R2	R3	R1	R2	R3		
<b>Mesures à l'abattage</b>								
PV abattage (3), kg	99,8	99,5	99,9	100,7	99,3	98,8	2,0	
PV vide (4), %	95,1	95,4	95,2	95,7	95,4	95,6	0,8	
Sang (5), %	3,49	3,35	3,35	3,43	3,45	3,50	0,34	
Tube digestif vide (5), %	5,39a	4,89b	4,74bc	4,71bc	4,40c	4,48bc	0,49	R*,T**
Reins (5), %	0,34a	0,30b	0,30b	0,31b	0,29b	0,29b	0,04	R**
Foie (5), %	1,67	1,60	1,57	1,51	1,48	1,47	0,25	
Cœur et poumons (5), %	1,72	1,85	1,79	1,77	1,81	1,83	0,19	
Rate (5), %	0,14	0,16	0,14	0,16	0,15	0,14	0,02	
Poids net chaud (6), %	83,3a	84,1ab	84,1ab	84,7b	84,6b	84,7b	0,01	T*
<b>Mesures le lendemain de l'abattage</b>								
Ressuyage (7), %	2,95	2,74	2,63	2,79	2,61	2,84	0,42	
Tête (8), %	5,52	5,48	5,37	5,67	5,59	5,46	0,25	
Queue (8), %	0,24a	0,24a	0,27ac	0,32b	0,26ac	0,30bc	0,05	T**
Hampes (8), %	3,59	3,79	3,62	3,64	3,50	3,54	0,03	
Pannes (8), %	1,48	1,51	1,58	1,65	1,69	1,61	0,29	
Pieds (8), %	2,18	2,10	2,20	2,19	2,19	2,18	0,13	
Jambon (8), %	23,0	23,2	23,4	23,8	23,4	23,1	0,8	
Longe (8), %	25,4	26,0	25,6	26,1	26,0	25,8	1,0	
Bardière (8), %	7,88a	7,61ac	7,45acd	6,28b	6,76bd	6,90bc	0,82	T**
Poitrine (8), %	12,2	11,9	11,6	12,2	12,1	11,9	0,9	
Épaulé (8), %	23,1	22,5	23,2	22,5	22,7	22,8	0,7	
Gras G1, mm	20,9a	19,9ab	20,5a	18,0b	17,8b	20,9ab	2,6	T*
Gras G2, mm	18,3a	17,0ab	18,0a	15,4b	16,0b	17,0ab	2,0	T**
Muscle M5, mm	56,6	58,0	60,4	60,2	60,6	60,0	5,4	
TVM1 (9), %	58,0a	59,3ac	59,2ac	61,2b	61,0bc	59,6ab	2,0	T**
TVM2 (10), %	58,7a	59,7ac	59,7ac	61,4b	60,6bc	60,3bc	1,3	T**,RT*
Gras (11), %	25,7a	24,1ac	24,5ac	22,0b	23,1bc	23,3bc	2,4	T**

(1-2) Voir tableau 3

(3) Poids vif à jeun

(4) Poids vif avec tube digestif vide en % du poids d'abattage

(5) En % du poids vif avec tube digestif vide

(6) Poids de la carcasse chaude avec tête, pieds, queue, reins, hampes et pannes, en % du PV abattage

(7) En % du poids net chaud

(8) En % du poids de la carcasse froide avec tête, pieds, queue, hampes et pannes

(9) Calculé selon Daumas et al (1998) à partir des épaisseur de gras et de muscl

(10) Calculé selon Métayer et Daumas (1998) à partir des résultats de la découpe hollandaise normalisée

(11) Calculé selon Daumas et Pollet (2000) à partir des résultats de la découpe hollandaise normalisée et exprimé en % du poids de la carcasse froide avec tête, pieds, queue, hampes et pannes

mé (tableau 3). Cet effet est même renforcé puisque l'ingestion et la vitesse de croissance des animaux sont plus faibles respectivement de 17 et 16% à 29°C. Ainsi, pour les animaux élevés à 29°C la période de finition (64-100 kg) dure 38 jours contre 31 jours pour ceux élevés à 22°C. La légère surconsommation de R1 à 22°C pendant la période de croissance est confirmée en finition (+11%;  $P < 0,05$ ); à 29°C, les consommations sont identiques pour les 3 aliments. Il en résulte une interaction entre la nature du régime et la température ambiante. Toutefois, les quantités d'EN ingérées ne sont pas significativement différentes entre les 3 régimes d'une même température, même si l'on note une diminution de l'EN ingérée avec R2 et R3 à 22°C et une augmentation avec R3 à 29°C. Les vitesses de croissance en

finition sont conformes aux écarts de consommation d'EN entre régimes ou entre températures, mais l'interaction n'est pas significative.

Sur l'ensemble de la période expérimentale (27-100 kg), l'augmentation de la température de 22 à 29°C conduit à une diminution de 15% de la consommation d'aliment et des quantités d'énergie nette ingérées quotidiennement (tableau 3;  $P < 0,01$ ); de la même façon, les vitesses de croissance des animaux sont réduites d'environ 13%. L'augmentation de la température est sans effet significatif sur l'indice de consommation ou le coût énergétique du gain de poids (MJ EN/kg). A 22°C, la consommation plus importante de l'aliment R1 conduit à des consommation d'EN

équivalentes entre les 3 régimes, ce qui permet des croissances comparables. La diminution du taux de protéines se traduit donc par une amélioration de l'indice de consommation, notamment pour le régime enrichi en matières grasses (significatif); mais le coût énergétique du dépôt n'est pas affecté par la nature du régime. A 29°C, les consommations d'aliment sont équivalentes pour les 3 régimes, ce qui conduit à une augmentation des quantités d'EN ingérées pour le régime 3 ( $P < 0,05$ ). Cette interaction entre la nature du régime et la température n'est toutefois pas significative et les croissances ne sont pas affectées, même si les animaux nourris avec le régime enrichi en matières grasses ont les croissances les plus fortes pour les consommations d'aliment les plus faibles (non significatif). L'indice de consommation est donc plus faible avec ce régime qu'avec R1 et R2 ( $P < 0,05$ ). En revanche, le coût énergétique du dépôt est comparable entre les 3 traitements.

Les mesures réalisées sur les carcasses, les viscères et les principaux morceaux de découpe sont rapportés au tableau 4 (p193). La nature du régime et la température sont sans effets sur le poids du contenu digestif, du sang, du foie, de la rate, du cœur et des poumons. En revanche, la diminution des niveaux d'ingestion à 29°C entraîne une réduction du poids du tube digestif vide de 9%. Le poids du tube digestif est également plus faible avec les régimes à basse teneur en protéines, ainsi que celui des reins ( $P < 0,01$ ). Ces effets sont toutefois plus marqués à 22° qu'à 29°C. Les pertes d'eau pendant le ressuyage ne sont affectées ni par la température ni par l'aliment (en moyenne 2,8% du poids net chaud). Le poids de la queue est significativement plus élevé à 29°C, alors que celui des hampes, des pannes et des pieds n'est pas affecté. L'augmentation de la température et la nature de l'aliment sont sans effet sur le poids des principales pièces commerciales (jambon, longe, poitrine, épaule), à l'exception de la bardière dont le poids est significativement plus faible à 29°C.

Les résultats des mesures linéaires d'épaisseur de gras et de muscle, de TVM et de quantité de gras dans la carcasse sont rapportés au tableau 4 (p193). L'augmentation de la température entraîne une diminution significative des épaisseurs de gras. Cette diminution est toutefois négligeable pour R3. De la même façon, on observe une quantité de gras plus importante (24,8 vs 22,8%) et une valeur du TVM plus faible (58,9 vs 60,6%) à 22° qu'à 29°C. A 22° comme à 29°C, la diminution de la teneur en protéines de l'aliment associée ou non à un enrichissement en matières grasses est sans effet significatif sur les épaisseurs de gras, de muscle, la valeur TVM et la teneur en gras de la carcasse. Cependant, on note une tendance à ce que les carcasses soient plus grasses avec R2 et R3 à la température de 29°C et, à l'inverse, plus maigres à 22°C.

### 3. DISCUSSION

Nos résultats confirment qu'une augmentation de la température d'élevage à partir de la thermoneutralité pénalise fortement l'appétit des animaux. La diminution représente environ 55 g/j par degré d'augmentation de la température sur l'ensemble de la période expérimentale; l'effet étant

plus marqué en finition qu'en croissance (78 vs 35 g/j/°C). Ces chiffres sont comparables à ceux obtenus avec des mâles castrés en groupe par QUINIOU et al (1998) sur des animaux d'environ 60 kg dans le même intervalle de température (-70 g/j/°C) et MASSABIE et al (1996) sur des animaux élevés de 25 à 105 kg entre 20 et 28°C (-50 g/j/°C). Cette réduction de la consommation et donc des quantités d'EN et de nutriments quotidiennement ingérés pénalise directement la croissance des animaux (15 g/j/°C en croissance vs 25 g/j/°C en finition; 20 g/j/°C pour la période totale). Ces chiffres sont comparables aux 18 g/j/°C (13 en croissance vs 22 g/j/°C en finition) observés par MASSABIE et al (1996). Nos résultats confirment donc que les animaux s'adaptent aux températures élevées en se rationnant afin de diminuer leur thermogénèse et le stress thermique. Cette adaptation se traduit classiquement par des carcasses moins grasses et une réduction du poids du tube digestif (RINALDO et LE DIVIDICH, 1991; MASSABIE et al, 1996). De plus, l'augmentation du poids des extrémités (queue % carcasse froide) tend à confirmer qu'un stress thermique prolongé induit chez l'animal une augmentation de ses capacités de thermolyse (LEFAUCHEUR et al, 1989).

Dans leur ensemble, nos résultats confirment que la diminution du taux de MAT, avec ou sans enrichissement en matières grasses, associée à une amélioration de l'équilibre en acides aminés essentiels, est sans effet sur les performances du porc sur l'ensemble de la période croissance-finition (BOURDON et al, 1995). Toutefois, à la thermoneutralité, la réduction des quantités d'aliment consommées avec les régimes à faible teneur en protéines (R2 et R3) peut paraître surprenante par rapport aux conclusions de nombreux travaux qui tendent à montrer un maintien des quantités d'aliment consommé et donc une consommation accrue d'EN. Mais, contrairement à la plupart de ces travaux, nos régimes ne sont pas formulés sur la base d'une même teneur en ED, EM ou EN mais de rapports optimaux entre l'EN et les acides aminés essentiels. Finalement, dans nos conditions expérimentales, les animaux semblent réguler leur consommation d'aliment sur la quantité d'EN ingérée puisque, en dépit de teneurs en EN différentes des régimes, les quantités d'EN ingérées sont comparables. Ce résultat est en accord avec les observations de LEVASSEUR et al (1998). On peut également suggérer que la supplémentation de nos régimes avec six acides aminés industriels a permis d'obtenir un équilibre entre les acides aminés encore plus satisfaisant. De ces observations, il résulte que la teneur en protéines de l'aliment peut être réduite, avec ou sans ajout de matières grasses, sans affecter le gain de poids et la composition corporelle des animaux (DOURMAD et al, 1993; CANH et al, 1998; LEVASSEUR et al, 1998). Par ailleurs, la formulation des aliments sur la base de leur teneur en EN permet donc bien de prendre en compte l'amélioration de l'utilisation de l'énergie associée aux régimes à basse teneur en protéines, surtout lorsqu'ils sont enrichis en matières grasses, et ainsi de contrôler l'état d'engraissement des carcasses (LE BELLEGO et al, 2000; NOBLET et al, non publié).

Les résultats obtenus au chaud, montrent que la réduction

du taux de protéines et donc de l'extra-chaueur de l'aliment ne permet pas de limiter efficacement les conséquences du stress thermique sur les performances des animaux. Toutefois, et contrairement à la thermoneutralité, les consommations d'aliments (g/j) sont très proches entre les 3 régimes, ce qui se traduit par une augmentation des quantités d'EN ingérées particulièrement pour les animaux consommant le régime à faible taux de protéines enrichi en matières grasses. Cette augmentation des quantités d'EN et donc de nutriments ingérés ne profite toutefois pas au gain de tissu maigre et de poids vif, mais favoriserait plutôt le dépôt de gras. Ces résultats confirment ceux de STAHLY et al (1979) et KATSUMATA et al (1996) qui montrent que l'utilisation des régimes enrichis en matières grasses est différente à la thermoneutralité et en conditions de stress thermique; dans ce deuxième cas, elle se traduit par une tendance à augmenter l'adiposité des carcasses. L'ensemble de ces résultats suggère donc que les effets de la chaleur ne s'exercent pas uniquement sur l'ingéré mais également sur la capacité des animaux à déposer des tissus maigres ou, en d'autres termes, la répartition de l'énergie déposée.

## CONCLUSION

Nos résultats confirment l'effet négatif des températures d'élevage élevées sur la consommation d'aliment et la vitesse de croissance du porc en croissance-finition. De façon similaire au rationnement, le stress thermique conduit à l'obten-

tion de carcasses plus maigres. A la thermoneutralité, une diminution de 4 points du taux de protéines, avec ou sans enrichissement en matières grasses, associée à une amélioration de l'équilibre en acides aminés essentiels par supplémentation est sans effet sur la vitesse de croissance et la composition de la carcasse des animaux. Toutefois, les régimes à basse teneur en protéines doivent être formulés sur la base de rapports optimaux, d'une part, entre les acides aminés essentiels et, d'autre part, entre les acides aminés essentiels et l'EN. Au chaud, l'augmentation de l'adiposité des carcasses avec les formules à faible teneur en protéines, particulièrement lorsqu'elles sont enrichies en matières grasses, semble indiquer un effet direct des températures élevées sur le potentiel de dépôt de tissus maigres. Cependant, il serait intéressant de confirmer nos résultats dans des conditions plus proches de la pratique où l'effet de la chaleur sur l'ingestion d'aliment pourrait être accentué ou modifié par des conditions d'élevage plus contraignantes telles que la compétition au sein du groupe et/ou un état sanitaire médiocre.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient AJINOMOTO EUROLYSINE et DEGUSSA-HÜLS pour leur participation à cette étude. L. LE BELLEGO tient à remercier AJINOMOTO EUROLYSINE pour le soutien, notamment financier, qu'elle lui apporte dans la réalisation de sa thèse.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOURDON D., DOURMAD J.Y., HENRY Y., 1995. Journées Rech. Porcine en France, 27, 269-278.
- CANH T.T., AARNINK A.J.A., SCHUTTE J.B., et al., 1998. Livest. Prod. Sci., 56, 181-191.
- DAUMAS G., CAUSEUR D., DHORNE T., SCHOLLHAMMER E., 1998. Journées Rech. Porcine en France, 30, 1-6.
- DAUMAS G., POLLET L., 2000. Techni-Porc, 23 (6) (sous presse).
- DOURMAD, J.Y., HENRY, Y., BOURDON, D., et al., 1993. Nitrogen flow in pig production and environmental consequences. Proceedings of the First International Symposium, Wageningen, Netherlands. 206-211.
- DOURMAD, J.Y., LEBRET, B., 2000. Journées Rech. Porcine en France, 32, 163-168.
- EUROLYSINE - I.T.C.F., 1995. Ideal digestibility of amino-acide in feedstuffs for pig. 53 pp.
- HENRY Y., 1993. INRA Prod. Anim., 6, 199-212.
- KATSUMATA M., KAJI Y., SAITOH M., 1996. Anim. Sci., 62, 591-598.
- KERR B.J., MCKEITH F.K., EASTER R.A., 1995. J. Anim. Sci., 73, 433-440.
- LE BELLEGO L., NOBLET J., VAN MILGEN J., DUBOIS S., 2000. Journées Rech. Porcine en France, 32, 217-225.
- LEFAUCHEUR L., LE DIVIDICH J., KRAUSS D., et al., 1989. Journées Rech. Porcine en France, 21, 231-238.
- LEVASSEUR P., COURBOULAY V., MEUNIER-SALAÜN M.C., et al., 1998. Journées Rech. Porcine en France, 30, 245-252.
- MASSABIE P., GRANIER R., LE DIVIDICH J., 1996. Journées Rech. Porcine en France, 28, 189-194.
- MÉTAYER A., DAUMAS G., 1998. Journées Rech. Porcine en France, 30, 7-11.
- NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1987. J. Anim. Sci., 65, 717-726.
- NOBLET J., FORTUNE H., DUBOIS S., HENRY Y., 1989. Nouvelles bases d'estimation des teneurs en énergie digestible métabolisable et nette des aliments pour le porc. INRA Éd., Paris. 106 pp.
- NOBLET J., SHI X.S., FORTUNE H., et al., 1994. Journées Rech. Porcine en France, 26, 235-250.
- QUINIOU N., NOBLET J., LE DIVIDICH J., et al., 1998. Journées Rech. Porcine en France, 30, 319-324.
- RINALDO D., LE DIVIDICH J., 1991. Prod. Anim., 4, 57-65.
- S.A.S., 1989. SAS/STAT® user's guide : Statistics (Version 6) SAS Inst. Inc.Cary, NC.
- STAHLY T.S., CROMWELL G.L., 1979. J. Anim. Sci., 49, 1478-1488.

